

## CINETICHE DELLE VARIAZIONI CLIMATICHE E INTERAZIONI SUL TERRITORIO A SCALA REGIONALE

Giuseppe Spilotro, Gianfranco Leandro

Università della Basilicata

### RIASSUNTO

*Le aree tematiche interessate dalle variazioni climatiche sono particolarmente ampie nella sfera fisica e biologica. La loro materializzazione nel ciclo idrologico sembra interessare la temperatura, di cui si registra un aumento da almeno un secolo, la quantità, distribuzione e intensità delle precipitazioni. L'ambito di azione inoltre sembra essere globale. La comunità scientifica tuttavia non risulta concordemente allineata sulle posizioni del certo accadimento del cambio climatico ed ancor meno sull'aliquota di responsabilità da assegnare all'uomo.*

*Temperatura, precipitazioni, livello mare, livello delle acque sotterranee, intrusione salina, processi erosivi e carsogeni, erosione delle coste e frane sono alcuni degli elementi interagenti di un unico macro-sistema, di cui si conoscono sufficientemente i meccanismi e le cinetiche. Nel contesto delle variazioni climatiche di lungo periodo, nelle quali dimentichiamo di essere, le fenomenologie correlate sopra richiamate lasciano segni talvolta pesanti.*

*Di conseguenza, pur nella non scontata legittimazione delle più recenti variazioni climatiche, gli scenari prossimi futuri confermano paradossalmente la necessità prioritaria di fortificare azioni di vecchia impostazione grammaticalmente utili al territorio e all'ambiente.*

*E' necessario infatti considerare le criticità del territorio già in questi scenari apparentemente dissociati dalla problematica delle variazioni climatiche. In tali contesti risultano inefficaci, quando non del tutto assenti, le azioni per contrastare gli arretramenti costieri, per la difesa dalle alluvioni persino in aree caratterizzate da climi semiaridi, per la stabilizzazione del suolo nei versanti a specifiche litologie incompatibili con attività agricole, per contrastare il degrado quantitativo e qualitativo delle risorse idriche di superficie e sotterranee.*

*La valutazione dei rischi idrogeologici connessi con l'ulteriore evoluzione climatica non può dunque prescindere da due considerazioni fondamentali:*

- i) nei cambi climatici le nostre regioni di fatto si ritrovano già da lunghi tempi;*
- ii) il territorio è vulnerabile rispetto a tali eventi che stanno lentamente virando da cause prevalentemente naturali a quelle antropiche, e lo è ancor più a seguito di specifiche manomissioni antropiche.*

*In relazione a ciò lo studio e le azioni rispetto agli eventi in corso e futuri non devono modificare il livello di allerta sullo stato attuale del territorio e di azione nella conoscenza ed attuazione dei processi di difesa e consolidamento, se e dove necessari. In altri termini, l'attuale vulnerabilità dei sistemi terra ed acque risentirà pesantemente delle situazioni attuali e passate, prima ancora di quelle future e non consente distrazioni culturali e di risorse.*

### 1. PREMESSA

Le aree tematiche interessate dalle variazioni climatiche nella sfera fisica e biologica sono molto numerose; nel loro ambito vengono coperti anche aspetti quantitativi circa l'intensità di irraggiamento, la sua durata, il contenuto spettrale, in relazione al contenuto di umidità e di particolati nell'atmosfera. La loro materializzazione nel ciclo idrologico sembra agire sulla temperatura, registrata in costante aumento da almeno un secolo, nella quantità, distribuzione e intensità delle precipitazioni, in un ambito che sembra essere globale. Tuttavia, se la stima attuale della temperatura media globale si appoggia su un numero rilevante di stazioni e di modelli sicuramente affidabili, non altrettanto può dirsi dei valori stimati nel passato, con la consapevolezza che alla scala globale anche i decimi di grado Celsius

sconvolgono un bilancio.

Nel mondo della scienza non tutti sono allineati sulle posizioni del certo accadimento del cambio climatico ed ancor meno sull'aliquota di responsabilità da assegnare alle attività antropiche; alcuni titolati scienziati tra cui un premio Nobel, Kary Mullis, hanno relazionato, per esempio, l'interesse per il buco dell'ozono con lo scadere dei brevetti americani sui gas refrigeranti classici (Mullis, 1998); così come non vi è dubbio che in coda al global warming ed ai cambi climatici vi siano tentativi di movimentare grandi quantitativi di risorse verso nuove destinazioni, non tutte di ricerca, e, soprattutto, di sviare le responsabilità di pesanti scelte nelle politiche energetiche ed alimentari.

In realtà, pur nella non scontata legittimazione di tutto ciò, gli scenari prossimi futuri confermano



paradossalmente la necessità prioritaria di fortificare le vecchie azioni sul territorio.

Temperatura, precipitazioni, livello mare, livello delle acque sotterranee, processi erosivi e carsogeni, erosione delle coste e frane sono gli elementi interagenti di un unico macro-sistema, di cui si conoscono da tempo i meccanismi e le cinetiche.

Attraverso le datazioni di frammenti di torbe è stato possibile, ad esempio, verificare sulla costa adriatica centro meridionale fasi diastrofiche della franosità nel tardo postglaciale ultimo, quando le valli abnormemente approfondite durante il LGM cominciavano ormai a colmarsi, ma di sedimenti ancora troppo soffici per stabilizzare le valli stesse.

Conosciamo altresì le variazioni verticali ed orizzontali delle linee di costa negli ultimi 4000 anni in molte zone abitate del mar Mediterraneo, periodo nel quale continuava il riscaldamento globale con relativi effetti, consentendoci di misurare con buona precisione la velocità di risalita del mare anche sulle nostre coste.

Variazioni sensibili sulle linee di costa sono indotte oggi da altri fattori, di origine evidentemente antropica. Nelle nostre regioni, risultano ben studiati molti tratti delle coste basse: quella ionica lucana e sul mar Adriatico le aree intorno alle foci dell'Ofanto e del Fortore (Carlin *et al.*, 1975, Cocco *et al.*, 1975, Lambeck *et al.*, 2004, Spilotro *et al.*, 1998, 2007 e 2008, Spilotro 2003). Le proiezioni future in tali ambiti sono molto preoccupanti indipendentemente dalle previsioni di ulteriori incrementi delle variazioni climatiche.

## 2. VARIAZIONI GLOBALI E LOCALI: CINETICHE E INTERAZIONI

Le variazioni relative del livello mare rappresentano un buon indicatore di lungo periodo, ancorché non esclusivo, di variazioni climatiche alla scala globale. Sarà utile scorrere questo ed altri indicatori con riferimento alle regioni meridionali italiane, più in dettaglio, Puglia e Basilicata, per dimostrare che le stabilità climatiche fino ai giorni nostri sono state eccezioni di pochi e quasi trascurabili periodi.

Nel lungo periodo, lo studio dei terrazzi marini fornisce utili indicazioni. Le fasi di stazionamento del mare, che sono responsabili dei terrazzamenti costieri, in ambienti carsici costieri determinano anche un controllo sulle quote altimetriche di evoluzione delle forme carsiche ipogee e delle piane carsiche interne, attraverso l'equilibrio in prossimità della linea di costa del livello della falda (Albrecht e Mosetti, 1987; Bruno *et al.*, 1995).

Conseguentemente stabilità climatica e tettonica determinano in un ammasso carsico costiero la stabilità della linea di delimitazione dell'acquifero saturo da quello non saturo. In definitiva, sulla base di questo asserto ci si attende una correlabilità "triangolare" tra morfologie costiere, morfologie carsiche interne e livelli carsogeni ipogei.

Uno dei lati del triangolo è stato dimostrato (Convertini *et al.*, 2006) attraverso la correlazione tra i livelli basali del polje del Canale di Pirro (Br) e delle grotte di Castellana e di Pozzo Cucù. Un secondo lato del triangolo è esplorabile attraverso l'analisi morfometrica su un DTM ritagliato per la Murgia che restituisce per le quote a partire dalla quota minima di 50 m slm attuale con scansione discreta a 15 m l'area planare (o la superficie) per l'intervallo di quote a  $\pm \Delta h$  per  $\Delta h = 5, 10$  e 20 m (fig. 1). In tale diagramma i picchi corrispondono a massimi delle superfici intercettate e costituiscono quindi la somma di aree terrazzate e superfici piane interne (polje, piane carsiche, etc.). Il diagramma conferma livelli altimetrici già noti, quali 430, 310 e il 270 m slm. In totale, l'analisi morfometrica segnala 10 picchi tra le quote di 50 e 600 m slm, distribuiti in un intervallo di tempo che si chiude presumibilmente intorno al tirreniano.

Il ritiro del mare dopo il LGM (circa 20.000 anni fa) è stato scolpito nei basamenti erodibili, quale quello in argille azzurre subappennine della costa ionica della Basilicata (fig. 2) (Spilotro, 2004). Il fenomeno è segnalato anche alla foce dell'Ofanto, del Fortore, nell'approfondimento di molte lame

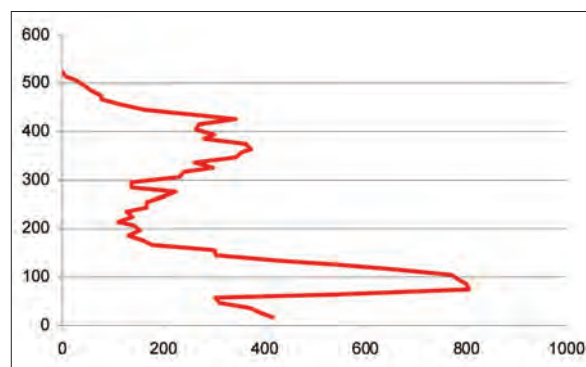


Figura 1 - Area per fasce altimetriche di  $\pm 10$  m sulla quota nominale vs attuale quota livello mare per la Murgia. L'area è ricavata su un DTM passo 15 m e la scansione verticale ha passo 5 m. Il diagramma evidenzia variazioni di velocità di spostamento relativo mare-continente ed in particolare, numerose fasi di stazionamento (corrispondenti ai picchi). Quelle a quota 270, 305 e 420 m si correlano a forme carsiche di superficie e profonde e ad altri caratteri geomorfologici noti

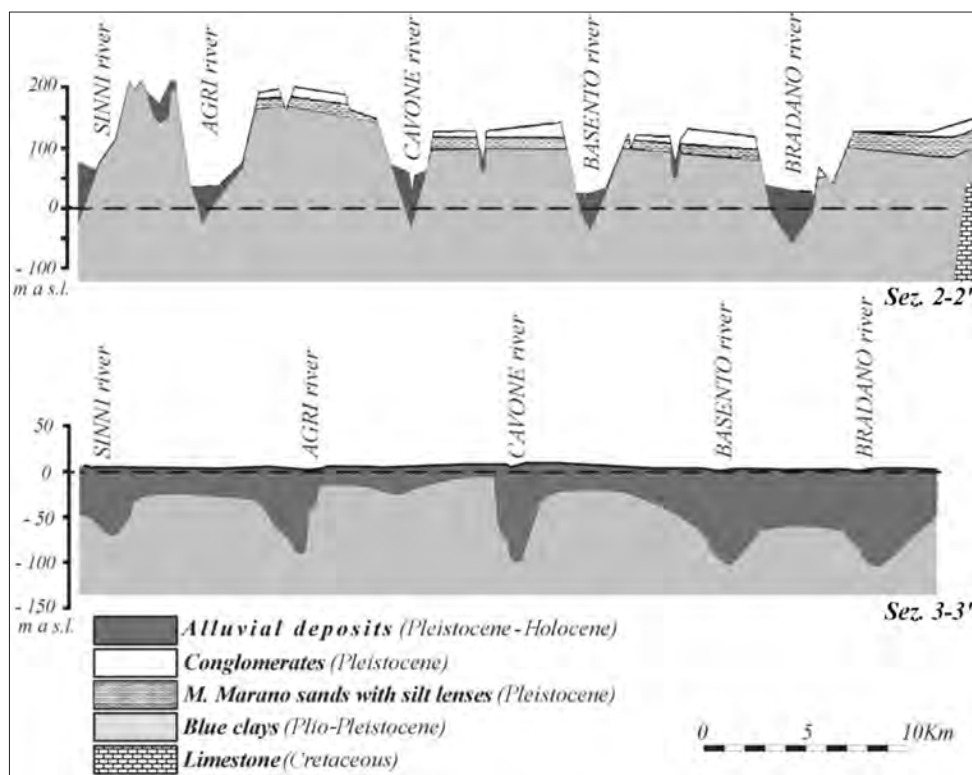


Figura 2 - Profili di erosione del basamento di argille azzurre subappennine lungo la costa ionica della Basilicata, evidenziando il modellamento fino alla quota max di circa 120 m riferibile al LGM (Spilotro G., 2004)

pugliesi sotto l'attuale livello mare (Vlora, 1975), e in diversi campioni di torbe costiere. Le grandi frane scatenate nelle valli fluviali del medio Adriatico dalla potente fase erosiva successiva all'ultima glaciazione (Del Prete e Spilotro, 1975; Puglisi *et al.*, 2005, etc.) evidenziano che le conseguenze, sia pure ritardate, delle fasi di raffreddamento climatico non sono certamente meno dannose di quelle per riscaldamento.

L'epoca storica consegna nel Mediterraneo una quantità di punti di osservazione e di misura dell'evoluzione locale del livello del mare e della linea di costa di grande precisione ed efficacia (Masters and Fleming, 1983, Mourtzas and Marinos, 1994).

Le coste della Turchia sono un grande laboratorio dell'evoluzione naturale in atto da alcune migliaia di anni, che presto registrerà le conseguenze dell'intervento antropico nei bacini interni. I porti storici di Efeso, Mileto, Priene sono oggi ben lontani dal mare; davanti al porto di Efeso oggi c'è addirittura un aeroporto (fig.3). Ma se in questi casi è ben evidente anche in assenza di analisi quantitative, l'effetto largamente prevalente del sovralluvionamento dei vari fiumi ivi sfocianti, le tombe Licie di Kekova (fig. 4) richiamano il lento sollevamento del mare tardo post-glaciale sostanzialmente comune nel Mediterraneo, che in casa nostra ha due punti di osservazione rilevanti nelle tombe di Egnathia (fig. 5) (Diceglie, 1981; Donvito, 1988) e nella struttura

greca, forse portuale, di Torre Ovo (Ta) (Fig. 6).

Un vero e proprio diagramma sollevamento-tempo ci viene offerto dalle cronache del sollevamento successivo del pavimento della cripta della Basilica di San Nicola a Bari, per sfuggire all'inesorabile sollevamento della falda, solo di qualche centimetro superiore al vicinissimo livello del mare (fig. 7, da Cotecchia V., 1971).

In tempi ancora più vicini, è interessante la vicenda documentata cartograficamente di una evidente variazione climatica che ha affetto l'area di Taranto e che coincide temporalmente con la LIA (Little Ice Age) di letteratura (Spilotro, 1990, Robock, 1979). Come è noto, il deflusso della falda carsica nell'acquifero della Murgia è sbarrato sul fianco W dal potente colmamento argilloso (alle quote di interesse) della fossa Bradanica. Nell'area di Taranto il colmamento argilloso comincia a diventare sifonabile per gli spessori più esigui sul basamento carbonatico e per la presenza di un livello calcarenitico intercalato nelle argille azzurre, che a sua volta potrebbe correlarsi con l'Oxygen Isotope Stage 3. I punti di sifonamento si sono spostati altimetricamente in equilibrio con il livello mare dell'epoca e conseguentemente, anche planimetricamente, determinando almeno 18 posizioni diverse, distribuite tra la conca di Grottaglie a + 70 m slm e l'attuale citro San Cataldo a - 35 m slm, comprendenti anche gli attuali seni attivi del Mar Piccolo e le non fossili



## CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHI GEOLOGICI IN PUGLIA

CASTELLO DI SANNICANDRO DI BARI - 30 Novembre 2007



Figura 3 - Porti celebri dell'antichità in Asia minore (3 a) oggi si trovano lontani dalla costa ed a quote diverse sul lm. Davanti al vecchio porto di Efeso (3 b) oggi esiste un aeroporto; anche il porto di Mileto è lontano diversi Km dalla costa. In entrambi i casi, i caratteri climatici ed orografici dei bacini hanno determinato condizioni di sovralluvionamento della costa



Figura 4 a, b - Tombe Licie a Simena e Kekova (Turchia meridionale) sono parzialmente sommerse a causa del sollevamento del livello mare



Figura 5 - Tombe messapiche (≈ 500 aC) parzialmente sommerse nel sito archeologico dell'antica Egnathia (Br)



Figura 6 - Struttura greca (≈ 500 aC) parzialmente sommersa. Si ritiene essere parte di una struttura portuale. Presso Torre Ovo (Ta) (da Spilotro, 2003)

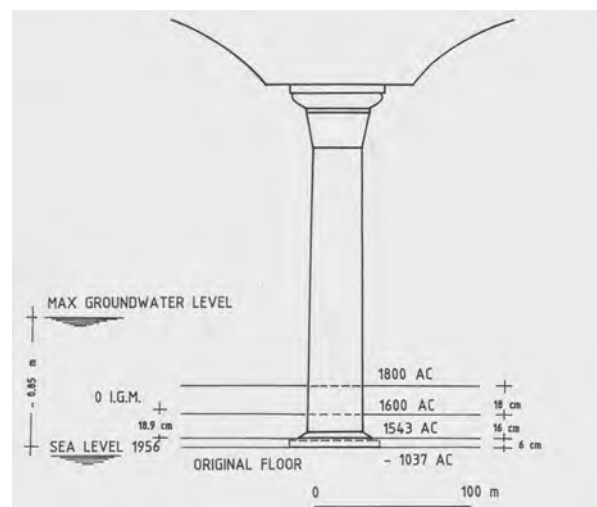


Figura 7 - Sollevamenti successivi del pavimento della cripta della Basilica di San Nicola per rimediare al progressivo innalzamento della falda in equilibrio con il livello del mare. La Basilica distava pochi metri dalla linea di costa. (da Cotecchia V., 1971, modificato)

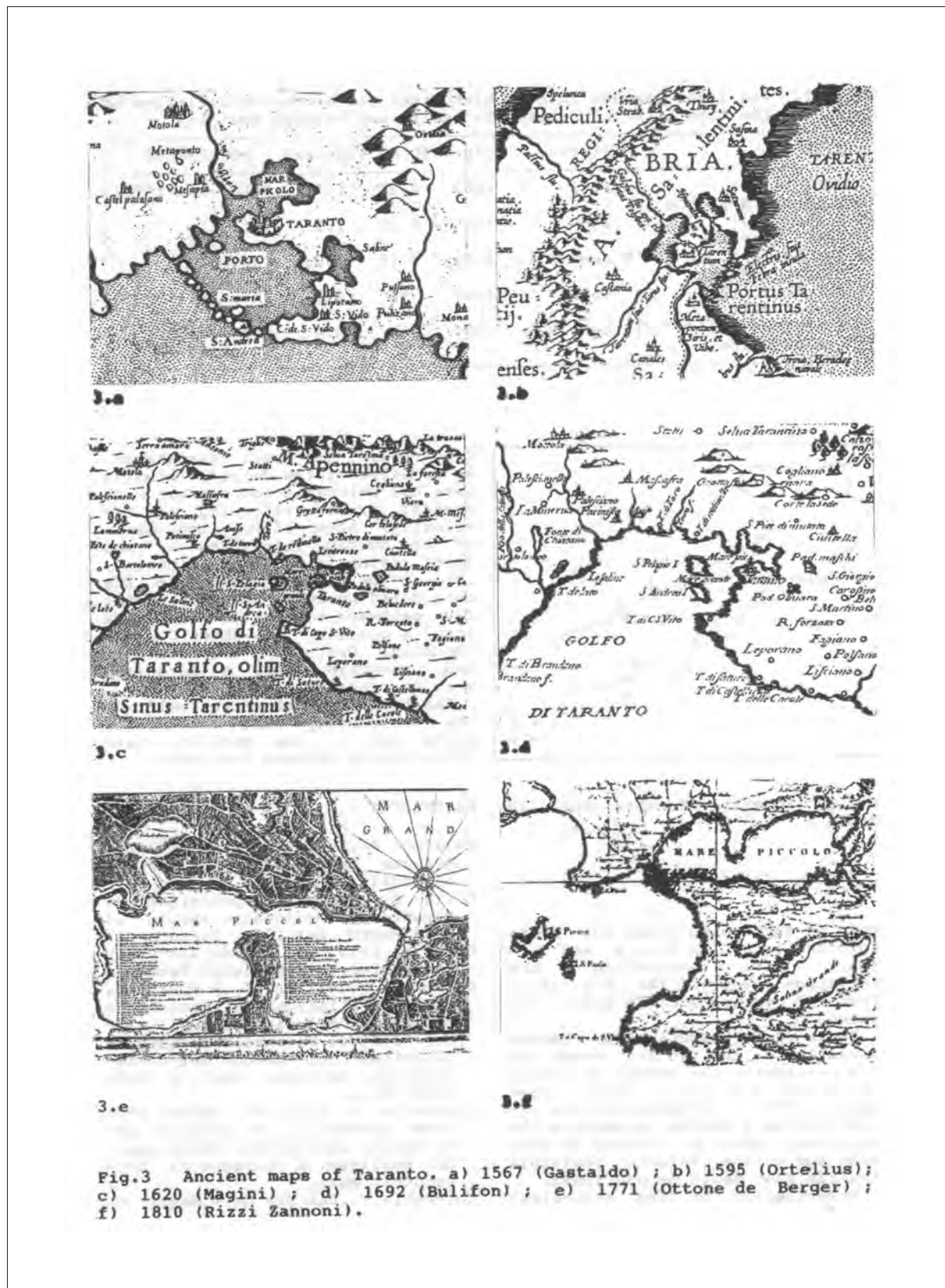


Figura 8 - Le Saline di Taranto tra il 1600 e il 1800. Sono presenti nelle cartografie del 1567 e 1595; non risultano più rappresentate in quelle del 1620 e 1695; ricompaiono nuovamente nelle cartografie del 1771 e 1810. In corrispondenza del loro riapparire, fonti storiche (Calia, 1938) riferiscono di una mortalità disastrosa per il clima malsano originato dalle vicine paludi (da Spilotro, 1990). La successione di eventi potrebbe essere una conferma pugliese della "Little Ice Age, LIA"



Salina Piccola e Salina Grande (Spilotro, 1990, 2003). I colmamenti recenti delle depressioni erosive e delle saline sono collegati o prossimi al livello mare attuale e sensibili alle sue piccole variazioni. A conferma di ciò, le saline appaiono e scompaiono nella cartografia tra il 1600 e il 1800 (fig. 8): sono ancora presenti nelle cartografie del 1567 e 1595; non risultano più rappresentate in quelle del 1620 e 1695; ricompaiono nuovamente nelle cartografie del 1771 e 1810. In corrispondenza del loro riapparire, fonti storiche (Calia, 1938) riferiscono di una mortalità disastrosa *per il clima malsano originato dalle vicine paludi* (Spilotro e Roccanova, 1990). Simile la segnalazione di P. Reiter (2000) sulle condizioni malsane determinatesi in Inghilterra durante la LIA.

Tracce di un livello del mare recentemente diverso sono quelle offerte dai condotti carsici, ancora occasionalmente attivi, sulla costa rocciosa a N di Bisceglie (Ba) (fig. 9). E' possibile stimare che fossero in piena attività non più di 1500 anni dal presente. Le cave di "tufo" in località San Vito (Polignano, Ba) il cui pavimento oggi è ben al di sotto della bassa marea (Spilotro, 1990) risalgono a circa il 1850 (fig.10).

Appare quindi ben evidente che a partire dal LGM il mare si presenti in sollevamento, con velocità controllate dal clima e dalla tettonica globale e localmente, dalla tettonica regionale, se sensibile. Questa tendenza è stata prevalentemente monotona, con velocità diverse, forse con piccole inversioni.

Nella parte della città di Bari "nuova", quella cioè edificata dopo il 1850, questa tendenza è responsabile, in una scala più estesa e in un intervallo temporale più ristretto, dello stesso fenomeno che ha afflitto la cripta della Basilica di San Nicola, cioè l'invasione delle acque di falda nei locali interrati: *"...i germani XY si dichiarano edotti che nel pavimento del locale scantinato quando si verifica l'alta marea, vi sono delle infiltrazioni di acqua che potranno essere rimosse con accorgimenti tecnici idonei da adattarsi a cura e spese di essi signori XY, senza che essi possano pretendere alcunchè dalla parte venditrice per spese o danni eventuali..."*. Questa frase è contenuta in un atto notarile del 1967 per la vendita ai signori XY di un locale interrato in prossimità di via Crispi, a circa 800 m dal mare di oggi. La citazione deriva da uno studio intrapreso per verificare la veridicità degli effetti di sollevamento del livello della falda del parziale colmamento dell'ansa di Marisabella. La distribuzione della falda nel sottosuolo di Bari è riportata nella fig. 11; monitoraggi di lungo periodo disponibili della



Figura 9 - Condotti carsici sulla falesia in roccia calcarea a 2 m circa sopra il lm attuale ancora occasionalmente attivi. Costa a N di Bisceglie (Ba)

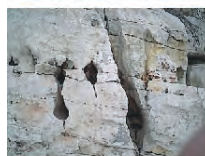


Figura 10 - Cave di "tufo" in località San Vito (Polignano, Ba) datate 1850 circa, con il pavimento ben al di sotto della bassa marea (da Spilotro, 1990)

falda, estesi al livello del mare (fig.12) ed alla pluviometria, permettono di stimare i contributi singoli delle escursioni di marea su base giornaliera e mensile, delle variazioni di pressione, delle variazioni della ricarica, che, unite al sollevamento eustatico del lmm, conducono ad un massimo misurato nell'anno meteorologico 2005 di circa 87 cm, che dovrebbe essere sufficiente a dimostrare l'estraneità della colmata, peraltro ancora parziale, sui fenomeni lamentati.

Molte delle esperienze raccontate permettono stime non necessariamente precise, ma attendibili della velocità media di sollevamento del livello mare relative a diversi intervalli tra il 500 BC ed oggi (fig.13). Secondo i dati raccolti, la stima di sollevamento basata sulle tombe messapiche sommerse ad Egnathia ( $\approx$  500 BC - 1975) risulta dello stesso ordine di grandezza della tendenza rilevabile da 10 anni di misure digitali al mareografo di Bari.

Alcune conclusioni sono traibili sulla base del parametro rappresentativo dei cambi climatici scelto: le nostre regioni partecipano da sempre alle variazioni climatiche globali non monotoniche e in quella monotonica del post glaciale ultimo, con velocità non costante; le velocità medie di variazione negli ultimi millenni e recenti sono del tutto paragonabili.

In termini matematici, quindi, non è la derivata prima del clima che è in discussione, ma, caso mai, la seconda.

Le conclusioni riportate nei termini quantitativi complessivi sono sostanzialmente coincidenti con quelle degli studi specialistici sull'evoluzione delle linee di costa del Mediterraneo centrale; i totali provengono tuttavia da somme di termini parziali (eustatici e isostatici) che danno i primi in forte



Figura 11 - Piezometrica della falda idrica nella città di Bari. Molti vani interrati del quartiere Murattiano, costruito a partire dal 1850, sono invasi da acque di falda sostenute da un mare più alto. I sistemi di aggottamento automatico e molti nuovi impianti di condizionamento che attingono alla falda come sorgente a temperatura inferiore sono responsabili dell'evidente cono di depressione in corrispondenza della città

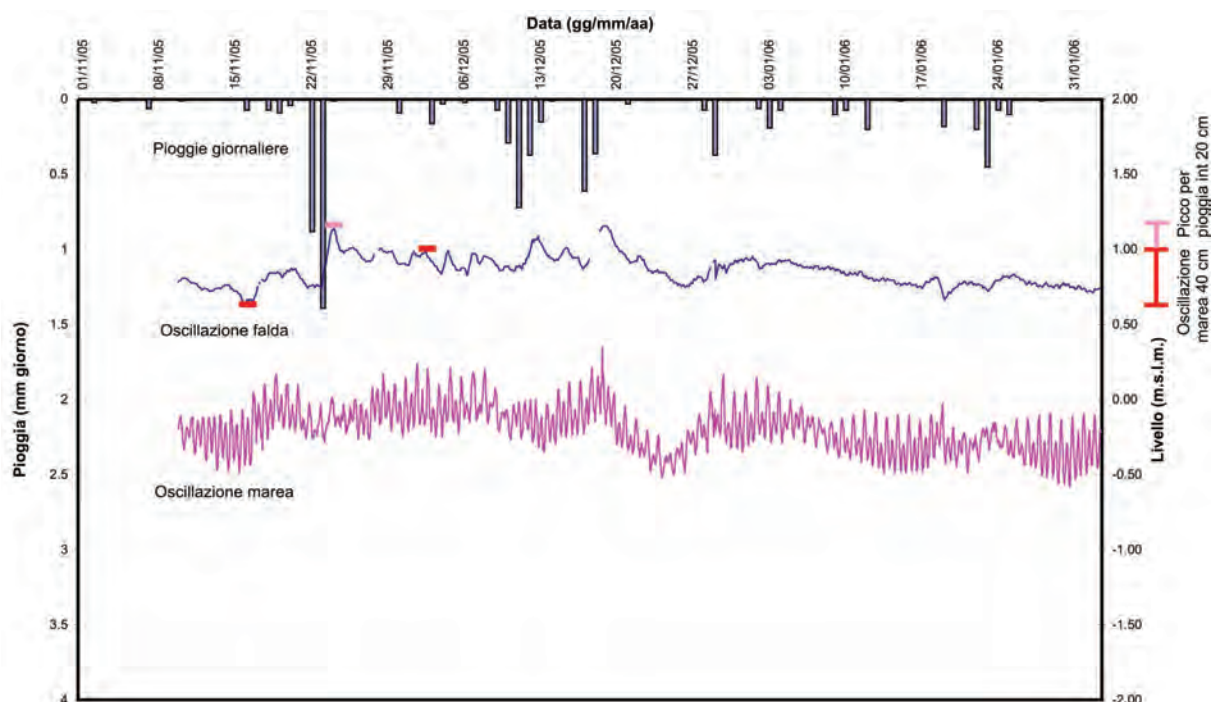


Figura 12 - Misurazioni periodiche del livello mare al mareografo di Bari in parallelo con il livello della falda e con l'intensità delle precipitazioni

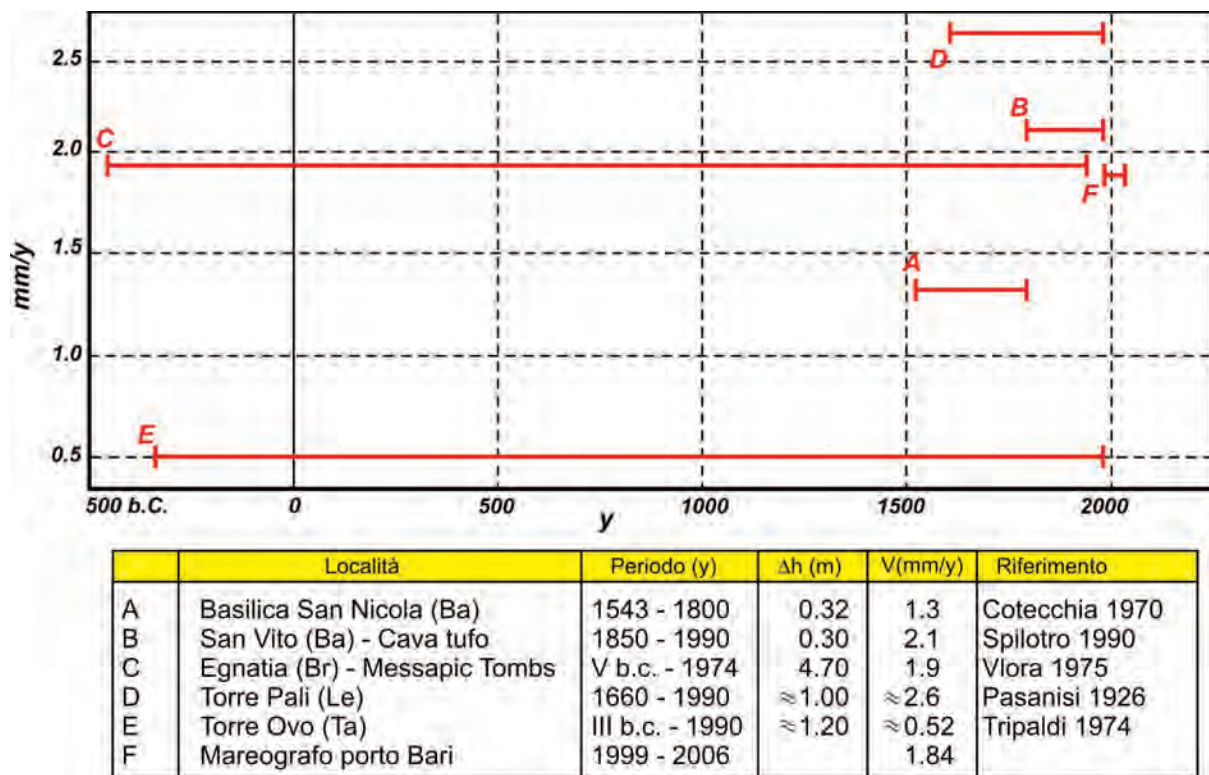


Figura 13 - Velocità di variazione del livello mare tra il 500 BC ed oggi secondo fonti storiche e strumentali diverse

incremento rispetto ai secondi. Questa circostanza autorizzerebbe preoccupazioni serie sulle previsioni della vulnerabilità costiera e dei fenomeni correlati nel prossimo futuro (stime al 2100) persino peggiori di quelle del riscaldamento basato sugli studi dell'IPCC (Antonioli e Silenzi, 2007). Gli scriventi ritengono tuttavia difficilmente validabili i modelli di risposta isostatica, che, tra l'altro non considerano l'effetto di buoyancy, che parzialmente compensa l'isostasia; conseguentemente previsioni basate su risultati di modelli accoppiati eustatici-isostatici potrebbero risultare non affidabili.

### 3. CONSEGUENZE ATTESE E MITIGAZIONE

L'indice del rapporto della Commissione Nazionale Italiana dell'UNESCO su: Sviluppo sostenibile e cambiamenti climatici, al cap 3: Gli effetti dei cambiamenti climatici, riporta:

- Oceani più caldi, acque più alte e fenomeni atmosferici alterati
- Alterazione degli ecosistemi ed estinzione delle specie
- Aumento della povertà e della fame nel mondo
- Diffusione e trasmissione di malattie infettive
- Emergenza idrica.

C'è da avere paura, non per quello che ci attende,

ma per quello che siamo capaci di pensare.

L'analisi relativa agli ultimi due secoli di molti fenomeni operati dalla natura, che negli ultimi decenni si arricchisce di dati a supporto più abbondanti e più precisi, permette di riconoscere sempre più frequentemente la presenza di attività antropiche su larga scala, che in qualche modo condizionano l'evoluzione dei fenomeni stessi. Tra quelli più vicini agli ambiti di studio degli scriventi, se ne citano alcuni.

Attività nei bacini e dinamica costiera. La Basilicata, eccezionale laboratorio di fenomeni naturali, ha consentito stime attendibili dei sedimenti sottratti alla costa negli ultimi 50 anni per attività varie, tra cui le estrazioni di inerti, le sistemazioni idraulico forestali, per finire con la costruzione delle dighe per l'approvvigionamento idrico. L'analisi documenta al presente un deficit di sedimento dell'ordine di 4 milioni di mc/anno con il risultato di 550 m di costa spariti alla foce del f. Sinni, che non è l'ambito più sensibile sulla costa ionica della Basilicata, tra il 1955 e il 2003 (fig. 14), e un'erosione netta media di circa 7 ha/anno (Spilotro *et al.*, 2008). Risultati simili sono stati misurati alle foci di due fiumi sul versante Adriatico, l'Ofanto ed il Fortore. L'arretramento della foce del Fortore potrebbe, tra l'altro,

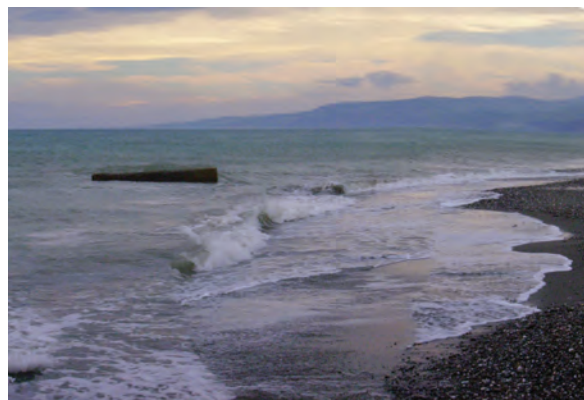


Figura 14 - Effetto dell'erosione costiera alla foce del f. Sinni (costa ionica della Basilicata). Il ponticello ormai in mare permette alla strada che portava sulla riva a circa 150 m di scavalcare un canale di bonifica



Figura 15 - Superfici naturali (a) e modificate a seguito di pratica diffusa di spietramento (b) sull'alta Murgia. Sono evidenti nel primo caso le tessiture epicarsiche che, unitamente ai manufatti non casualmente ivi esistenti, muretti a secco, ecc., rendevano prevalente l'infiltrazione sullo scorrimento e praticamente nullo il trasporto solido. Nel secondo caso, il trasporto solido rende ben visibile la traccia della lama, insperatamente tornata a veicolare acqua e terre rosse, e non per variazioni climatiche

peggiore i problemi già gravissimi di Lesina Marina e crearne sul cordone di separazione della laguna di Lesina in tempi più lunghi. Non è possibile ancora quantificare gli effetti sulle diverse compo-

nenti ambientali provocati dagli sporgenti alle imboccature dei porti turistici e delle darsene interne, progetti attualmente in corso di realizzazione.



Figura 16 - Rara immagine della gravina di Castellaneta (Ta) in funzione (30/03/2007)

Passando ad altri ambiti, sono stati studiati e verificati gli effetti di nuove pratiche colturali su ampi territori. Ci si riferisce in particolare allo "spietramento" dell'alta Murgia (Moretti *et al.*, 2004) (fig.15) ed alle coltivazioni intensive con coperture a serre o a "tendoni" impermeabili. La prima tecnica ha diversi effetti sull'idrologia superficiale e sotterranea, modificando le soglie di scorrimento superficiale, riducendo la ricarica della falda carsica, con effetto non secondario della perdita irreversibile del suolo (Canora *et al.*, 2008, figg. 16, 17 e 18), processo che concorre a determinare la desertificazione. La seconda pratica colturale viene applicata su percentuali talora molto elevate di territorio (fig. 19) ed anche in questo caso modifica sensibilmente i termini del bilancio idrologico, per lo meno per quanto



## CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHI GEOLOGICI IN PUGLIA

CASTELLO DI SANNICANDRO DI BARI - 30 Novembre 2007



Figura 17 - Alluvione del 25 ottobre 2005 in provincia di Bari. a) imponente trasporto solido (principalmente terre rosse) alla foce della Lama Sinata; b) interruzione della ferrovia Bari Taranto

riguarda i valori di infiltrazione. Variazioni idrologiche locali conseguono anche variazioni d'uso di consistenti larghe aree come quelle adibite a mega centri commerciali (fig. 20).

Il quadro complessivo evidenzia dunque per variazioni di uso del territorio e per specifiche azioni antropiche la presenza già all'attuale di fenomeni di instabilità del territorio, modificazioni negative della linea di costa, di salinizzazione delle

falde costiere, di variazione delle ricariche delle falde, di vulnerabilità ai fenomeni di instabilità, di sconvolgimento idrologico, di depauperamento delle risorse idriche e di loro progressivo e inesorabile decadimento qualitativo. Fenomenologie che descrivono tutte un processo di entropizzazione dell'ambiente naturale.

Un quadro così vasto e pesante, così precisamente correlato nelle cause, per quanto multi tematiche,

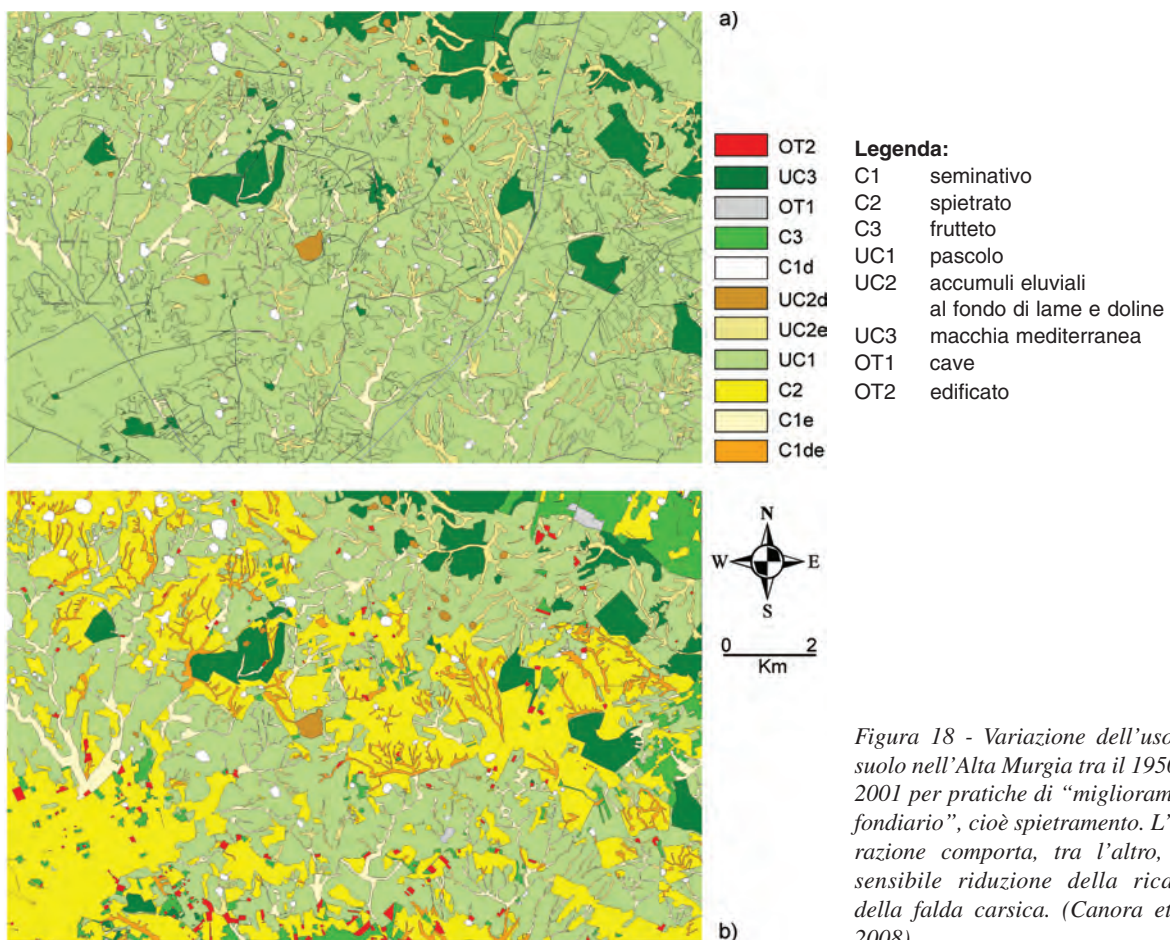


Figura 18 - Variazione dell'uso del suolo nell'Alta Murgia tra il 1950 e il 2001 per pratiche di "miglioramento fondiario", cioè spietramento. L'operazione comporta, tra l'altro, una sensibile riduzione della ricarica della falda carsica. (Canora et al., 2008)



Figura 19 - Un nuovo tipo di variazione di uso del suolo con rilevanti conseguenze idrologiche: le coltivazioni a serre generalizzate, a) Campo de Dalias, Almeria, Spagna, vista da satellite; coperture a tendoni, b) Mola di Bari

rende umoristica la preoccupazione su quello che avverrà nei prossimi 90 anni per effetto delle variazioni del clima: una modesta frazione di quanto già avviene per cause naturali ed antropiche, se i modelli di previsione climatica sono corretti; quello che già avviene se i modelli sono non corretti o mal tarati.

**4. CONCLUSIONI**

L'esistenza di un clima stabile nel lungo e medio periodo alla scala locale e globale è concordemente

negato dalla ricerca scientifica in molti campi fra di loro anche molto lontani.

Le conseguenze sulla vita e sulla storia dell'uomo sono state pesanti e determinanti. Nelle regioni di nostro interesse le variazioni di clima sono state una delle cause principali della fine della colonizzazione della Magna Grecia subito dopo il momento del suo massimo splendore, con la scomparsa di città come Sibari e Metaponto (De Siena, 1999; De Juliis, 2001).



Figura 20 - Variazioni concentrate di uso del suolo con associate modifiche di comportamento idrologico in centri commerciale sulla cintura esterna di Bari: a) Auchan e Baricentro, 115 ha; b) Bari Blu, 12 ha; c) Carrefour, 10 ha; d) Ipercoop, 12 ha



E' dunque legittimo operare perchè la storia non si ripeta e conseguentemente agire, cioè operare e non solo pensare, nella direzione di tutto quanto aiuti a conservare alti livelli di energia ambientale, indipendentemente da quale sia la percentuale effettiva di incidenza dell'azione singola o cumulata nel processo di variazione del clima.

Lo scenario futuro legato a incontrastati ed accertati cambiamenti climatici si può considerare ben noto per quanto attiene all'interazione con i molteplici rischi idrogeologici. Una concisa quanto ottima sintesi dei rapporti tra variazioni climatiche e acque sotterranee è riportata in Dragoni et Al, 2008. Tuttavia non bisogna ignorare l'osservazione di un sistema ambientale in sofferenza già negli scenari attuali palesemente dissociati dalle variazioni delle variazioni climatiche. In tali scenari, infatti, appare inefficace, quando non del tutto assente, l'azione per contrastare i processi di desertificazione, di inaridimento per perdita di suolo, per scarsità della risorsa acqua, per salinizzazione o per decadimento qualitativo dell'acqua stessa, per instabilità del territorio, per dinamiche costiere inarrestabili.

In molti casi, il rapporto causa-evento è molto ben definito e richiama responsabilità che possono ricondursi a politiche di gestione che si rivelano non corrette nelle scelte, nella valutazione dei danni ambientali associati (è il caso degli approvvigionamenti idrici nelle regioni meridionali), nelle azioni di mitigazione e di compensazione. Tali scelte in alcuni casi scaturiscono da azioni necessarie o prioritarie (p. es.: l'approvvigionamento idrico) e spesso con il supporto di un'Accademia settoriale, che si autocelebra e assolve sè stessa e i suoi committenti.

L'identificazione delle cause e delle responsabilità nelle fenomenologie attuali è un processo che paradossalmente allontana la soluzione dei problemi, attraverso la proliferazione di teorie e dati contrastanti; onde risulta più efficace evocare scenari prossimi futuri catastrofici, e attivare azioni e risorse nella direzione di tali anonimi futuri eventi.

In relazione a ciò non si deve alterare la sensibilità nei confronti degli attuali processi onnicomprensivi, l'analisi dello stato attuale del territorio e dell'ambiente e le azioni di conoscenza ed attuazione dei processi di contrasto, consolidamento, mitigazione.

In altri termini, l'attuale vulnerabilità dei sistemi terra ed acque risentirà pesantemente delle situazioni attuali e passate, prima ancora di quelle future e non consente distrazioni culturali e di risorse.

## BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. (2007) - *Sviluppo sostenibile e cambiamenti climatici*. UNESCO, Comm. Naz. Ital., Roma.
- ALBRECHT P., MOSETTI F. (1987) - *Karst evolution and sea level*. Mem. Soc. Geol. It., 40.
- ANTONIOLI F., SILENZI S. (2007) - *Variazioni relative del livello mare e vulnerabilità delle pianure costiere italiane*. Quaderni della Società Geologica Italiana, n. 2.
- BOSI C., CAROBENE L., SPOSATO A. (1996) - *Il ruolo dell'eustatismo nell'evoluzione geologica nell'area mediterranea*. Mem. Soc. Geol. It., 51, 363-382.
- BRUNO G., DEL GAUDIO V., MASCIA U., RUINA G. (1995) - *Numerical analysis of morphology in relation to coastline variations and karstic phenomena in the southeastern Murge*. Geomorphology, 12, 313-322.
- CANORA F., FIDELIBUS M.D., SCIORTINO A., SPILOTRO G. (2008) - *Variation of infiltration rate through karstic surfaces due to land use changes: a case study in Murgia (SE-Italy)*. Engineering Geology, vol. 99, iss. 3-4, 2008, pp 210-227. DOI: 10.1016/j.enggeo.2007.11.018.
- CARLIN F.F., DAI PRA G., MAGRI G., TAZIOLI G.S. (1975) - *Ricerche sul trasporto solido litorale alla foce del Fiume Sinni (Golfo di Taranto)*. Geol. Appl. Idrogeol. Vol. X, Parte I.
- COCCO E., DE MAGISTRIS M.A., DE PIPPO T. (1975) - *Evoluzione e dinamica del litorale alto ionico (Golfo di Taranto)*. Atti del Convegno "Evoluzione dei litorali", ENEA, 1986.
- CONVERTINI A., PARISE M., SPILOTRO G. (2006) - *Sea level and karst morphologies correlations as a tool in the assessment of the karst hazard*. Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 10374, European Geosciences Union, 2006.
- COTECCHIA V. (1971) - *Su taluni problemi geotecnici in relazione alla natura dei terreni della regione pugliese*. Rivista Italiana di Geotecnica, n. 1/2.
- CROWLEY T. (2000) - *Causes of climate change over the past 1000 years*. Science 289.
- CURRAY J.R. (1961) - *Late quaternary sea level: a discussion*. Geological soc. Amer. Bull. 72, 1707-12.
- DAI PRA G., HEARTY P.J. (1988) - *I livelli marini pleistocenici del golfo di Taranto. Sintesi geocronostratigrafica e tettonica*. Mem. Soc. Geol. It., 41 (2), 637-644.
- DE JULIIS E. M. (2001) - *Metaponto*. Edipuglia, Bari.
- DEL PRETE M., SPILOTRO G. (1975) - *Studio geologico e geotecnico dello scorrimento di una placca*



lacustre su argille varicolori nella media valle del Sangro presso Bomba (CH). Geol. Appl. e Idrog., Vol. X, Parte I, pp.339-358, Bari.

DE SIENA A. (1999) - *Il metapontino: insediamenti antichi e bonifiche. archeologia dell'acqua in Basilicata*. Potenza, pp.53-72.

DICEGLIE S. (1981) - *Egnathia. forma della città delineata mediante la prospezione archeologica*. Laboratorio Centro Aerofotografico Università di Bari.

DONVITO A. (1988) - *Egnazia. dalle origini alla riscoperta archeologica*. Schena Editore, Fasano (BR).

DOUGLAS B.C. (1995) - *Global sea level change: determination and interpretation*. NOAA, Nat. Oc. Data center, Washington, D.C. In: rev. Geophys. Vol. 33 suppl., 1995 am. Geoph. Union.

DRAGONI W., SUKHIJA B.S. (2008) - *Climate change and groundwater: a short review*. In: Climate change and groundwater, Geological Society, London, Special Publications, 288.

FIDELIBUS M., CAPORALE F., SPILOTRO G. (2004) - *Studies on different kinds of salinisation in the groundwaters of the Ionian coastal plain of the Basilicata region*. Proc. 18th SWIM, Cartagena, Spain, June 2004.

LAMBECK K., ANTONIOLI F., PURCELL A., SILENZI S. (2004) - *Sea level change along the Italian coast for the past 10000 yr*. Quaternary Science Reviews, 23.

MASTERS P.M., FLEMMING N.C. (1983) - *Quaternary coastlines and marine archaeology: towards the prehistory of land bridges and continental shelves*. Academic press, London.

MORETTI M., FIORE A., PIERI P., TROPEANO M., VALLETTA S. (2004) - *Effetti dei "miglioramenti fondiari" nelle Murge alte (Puglia). L'impatto antropico sul paesaggio carsico e costiero*. Il quaternario, 17.

MOURTZAS N.D., MARINOS P.G. (1994) - *Upper holocene sea level changes: paleogeographic evolution and its impact on coastal archaeological sites and monuments*. Environmental geology, vol. 23, n.1. Soc. Geol. It., 51, 501-515.

MULLIS K. (1998) - *Dancing naked in the mind field*. Pantheon Books, NY, 1998.

PUGLISI S., SPILOTRO G., TRISORIO LIUZZI G. (2005) - *La frana di Carlantino nel subappennino Dauno e i criteri per la sua sistemazione*. AIIA, Convegno: "L'Ingegneria Agraria per lo sviluppo sostenibile dell'area Mediterranea", Catania, giugno 2005.

REITER P. (2000) - *From Shakespeare to Defoe: Malaria in England in the Little Ice Age*. Emerging Infection Diseases 6.

ROBOCK A. (1979) - *The "little ice age": Northern hemisphere average observations and model calculation*. Science 206.

SCOTT D.B., PIRAZZOLI P.A., HONIG C.A. (1987) - *Late quaternary sea level correlation and application*. Kluwer Academic Publishers, London.

SPILOTRO G., ROCCANOVA C. (1990) - *Sea level changes and ancient mapping of Taranto area*. Proc. of 6<sup>th</sup> Int. Congress of IAEG, Amsterdam, Aug. 1990, G. Price (Ed.), Balkema, Rotterdam, pp. 235-241.

SPILOTRO G. (2003) - *Variazioni relative del livello mare e variazioni della linea di costa: tendenze naturali e fattori antropici*. Atti del Convegno: "Cambiamenti climatici e desertificazione in area mediterranea", SIGEA, Univ. Bari, 16 marzo 2002. In: Geologia dell'Ambiente, periodico SIGEA, anno XI, n 2/2003, pp. 27-34.

SPILOTRO G., DI BRATTO M., CECILIA G., LEANDRO G. (1998) - *Evoluzione recente del litorale alto Ionico compreso tra foce Sinni e foce Bradano*. Atti del Dipartimento di Strutture, Geotecnica e Geologia Applicata, Facoltà di Ingegneria, Università della Basilicata, Potenza, pubb. n.1/98, 46 pp.

SPILOTRO G., LOCARDO A. (2003) - *L'Idrogeologia come principale fattore morfogenetico: L'Area di Taranto*. Atti Dipartimento Strutture, Geotecnica, Geologia Applicata, UNIBAS, n 4.

SPILOTRO G. (2004) - *Erosion profile of the blue clay bedrock along the Ionian coast of the Basilicata Region*. Quaternaria Nova, VIII, 2004, 247 – 261.

SPILOTRO G., PIZZO V. (2007) - *Basin modifications and coastal dynamics: the case of the ionic waterfront in the Basilicata Region*. Proc. 2nd Workshop on coastal processes and port engineering, Cosenza, June 2006; Povia ed.

SPILOTRO G., PIZZO V., LEANDRO G. (2008) - *Evoluzione della costa ionica della Basilicata e gestione della complessità*. Atti del Convegno: "L'arretramento della costa ionica della Basilicata: complessità, studi, azioni", Metaponto, 26 maggio 2006. Geologia dell'Ambiente, periodico SIGEA, suppl. al n.2/2008.

TITUS J.G. (1990) - *Greenhouse effect, sea level rise and land use*. Land Use Policy, April 1990, vol.7, issue 2, pp 138-53.

VLORA N.R. (1975) - *Considerazioni sulle variazioni della linea di costa tra Monopoli ed Egnatia*. Dedalo litostampa, Bari.